



Facultad de Ciencias de la Salud

**EFEECTO DE LA ALIMENTACIÓN BAJA EN CARBOHIDRATOS Y
ALTA EN GRASA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA MUSCULAR**

**POR: BELÉN ANAHIS ROJAS FUENTEALBA Y
ALEXANDRA VALERIA MARÍN HENRÍQUEZ.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad del
Desarrollo para optar al grado académico de Licenciado en Nutrición y Dietética

PROFESOR GUÍA:

**Nutricionista, Magíster en Nutrición y Dietética, Camila Bizama.
Bióloga, Magíster y Doctora en Nutrición, Diamela Carías.**

15 de diciembre de 2022

CONCEPCIÓN

© Se autoriza la reproducción de esta obra en modalidad de acceso abierto para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

© Se autoriza la reproducción de fragmentos de esta obra para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

DEDICATORIA

Dedicado a nuestras familias, amigos, docentes guías, Rofu, Toto y a todas las personas que nos acompañaron en este camino, sin ustedes no habiéramos logrado llegar a donde estamos. Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a toda mi familia; Mis padres Gladys y Jorge, mis hermanas Cindy, Nicole y Coni, mis sobrinos Eimy, Mateo y Corazón, mis abuelos y en especial a mi Rofu. Gracias por estar siempre a mi lado apoyándome y motivándome incondicionalmente durante estos 5 años de carrera. Quiero agradecer a mi gran amiga y compañera de tesis Alexandra Marín por ser mi complemento perfecto tanto en lo académico como en la amistad incondicional que tenemos. Gracias a cada una de las personas que estuvieron para mí y me acompañaron en este proceso. Gracias por el amor y el cariño que me entregaron. Este logro se los dedico a todos ustedes y por supuesto, a mí misma.

Belén Rojas Fuentealba.

Quiero agradecer a mis padres Tatiana y Oscar, a mi hermano, mis abuelos , Anita y familia , quienes me han acompañado y me han brindado su apoyo en todo mi recorrido académico. Les agradezco por cada palabra de motivación, apoyo y cariño, han sido parte fundamental para mi crecimiento y desarrollo personal. También agradecer a mi pololo Sebastián por acompañarme en cada momento donde sentí que la derrota era más que la victoria, donde sus palabras fueron uno de los mayores consuelos. Gracias a mi amiga Belén que ha sido el mejor regalo durante mi estancia en la universidad, su amistad incondicional ha sido un reflejo de lo gran persona que es. Finalmente agradecer a la vida por sus oportunidades, experiencias , errores y enseñanzas , por el amor , el daño y la fortaleza recibida, gracias vida por creer en mí y poner tu fé en la persona que soy hoy.

Alexandra Marín Henríquez.

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido

AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE ABREVIATURAS	8
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	1
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
MARCO TEÓRICO	6
OBJETIVOS	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	17
CONCLUSIONES	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

LISTA DE ABREVIATURAS

- CMJ: Salto con contramovimiento.
- DC: Dieta cetogénica.
- DCC: Dieta cetogénica cíclica.
- DR: Dieta de reducción.
- GC: Grupo control.
- IMC : Índice de masa corporal.
- LCHF: Low carb high fat.
- MLG: Masa libre de grasa.
- NDC: No dieta cetogénica.
- OMS: Organización mundial de la salud.
- RM: Repetición máxima.

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento de fuerza muscular es la base de diversas ramas deportivas y la clave para mantener una buena salud en la población. Según la Organización mundial de la salud (OMS), es considerado fundamental en la preparación física de deportistas que buscan mejorar su rendimiento físico y en la población en general, para disminuir el riesgo de enfermedades crónicas y su porcentaje de mortalidad. La nutrición baja en carbohidratos y alta en grasas (LCHF, por sus siglas en inglés), se define como un tipo de alimentación que conlleva a un aporte alto en grasas, adecuado en proteínas y reducido en carbohidratos, específicamente en proporción menor a 100 gramos/día. De esta manera, al tener un aporte reducido de glucosa en sangre, el hígado se ve obligado a producir y liberar cuerpos cetónicos a la circulación; entrando a un estado de “cetosis nutricional”.

Objetivo: Evaluar en base a la literatura disponible, el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa en el entrenamiento de fuerza muscular.

Materiales y métodos: Se realizó una revisión narrativa, la cual se caracteriza por ser un tipo de estudio que permite comparar y analizar los resultados de varios estudios seleccionados por cada autor, sin embargo, no tiene un método específico de recolección de datos. En tal sentido, se analizó el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa en el entrenamiento de fuerza muscular.

Resultados: A continuación, se describen 7 artículos primarios que formaron parte de la revisión. En la tabla 2, se presenta un resumen de las características de dichos estudios, así como los resultados más importantes. De todos los estudios seleccionados, 6 eran estudios controlados aleatorizados y solo 1 correspondía a un estudio aleatorio cruzado, en los cuales se evaluó el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa en el entrenamiento de fuerza muscular.

Conclusión: Los hallazgos de los estudios revisados señalan que ambos tipos de alimentación (baja en carbohidratos y alta en grasas y dieta occidental) sometidos a un plan de entrenamiento de fuerza muscular, ayudan a disminuir la masa grasa y mantener la masa magra, pero no es un método adecuado para incrementarla.

Palabras clave: muscle strength training, strength training, low carb high fat diet, ketogenic diet, nutritional ketosis.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de fuerza muscular es la base de diversas ramas deportivas y la clave para mantener una buena salud en la población. Según la Organización mundial de la salud (OMS)(1), es considerado fundamental en la preparación física de deportistas que buscan mejorar su rendimiento físico y en la población en general, para disminuir el riesgo de enfermedades crónicas y su porcentaje de mortalidad.

Podemos definir la fuerza muscular como “La capacidad del sistema neuromuscular de superar una fuerza externa a través de un trabajo excéntrico (contracción), o bien, de mantenerlas por medio de una acción isométrica” (1). Mientras que el entrenamiento de fuerza muscular se puede describir como “la utilización de la fuerza para lograr una contracción muscular, y así incrementar la resistencia anaeróbica, la fuerza muscular y el tamaño de los músculos” (2).

Los programas de entrenamientos de fuerza suelen tener diferentes objetivos, abordando principalmente, la prevención y rehabilitación de lesiones, la mejora del rendimiento deportivo y el mantenimiento de la salud a largo plazo (2).

Cuando los entrenamientos se planifican de forma adecuada y se considera cada factor involucrado en el proceso (frecuencia, el tipo de ejercicio, la

intensidad y la duración del programa), se pueden obtener resultados exitosos basados en los objetivos propuestos. Según su duración (1), los programas de entrenamiento se pueden dividir en: Programa de corto plazo, que corresponde a ≤ 6 semanas, programa de medio plazo, que corresponde 7 a 23 semanas y programa de largo plazo, que corresponde ≥ 23 semanas.

En las primeras semanas de entrenamiento, el aumento de la fuerza muscular produce una mejoría adicional. A causa de la inicial y eventual hipertrofia muscular que se está ejerciendo (1).

Un factor muy importante involucrado en los programas de entrenamiento de fuerza muscular es la manipulación de la ingesta; ya que esta brindará la energía necesaria para un rendimiento deportivo óptimo durante el entrenamiento, con el fin de adquirir una óptima recuperación.

Tradicionalmente, se emplea una alimentación rica en proteínas y carbohidratos, con un porcentaje mayoritario de este último; esto debido a que la disposición de estos nutrientes permite con eficacia el aceleramiento del proceso de resíntesis de glucógeno y la reconstrucción de las fibras musculares (3). El objetivo es maximizar las reservas de glucógeno muscular que permitirá un mejor rendimiento físico (4). De esta manera, es importante que la dieta a

destinar sea variada y equilibrada, ajustándose así a las necesidades y objetivos del individuo.

Si bien, la carga de carbohidratos es una de las principales estrategias nutricionales para mejorar el rendimiento físico antes, durante y después del ejercicio, No es la única fuente de combustible que nuestro organismo puede utilizar (5).

Nuestro sistema metabólico es considerablemente flexible en la capacidad para usar macronutrientes dietéticos como fuente de energía. En las últimas décadas, se ha visto con mayor frecuencia datos en la literatura que sugieren beneficios en el rendimiento físico al implementar una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas saludables (6,7). Así, este nuevo concepto ha llamado la atención de los deportistas que quieren acreditar la mejora en sus aptitudes físicas.

La nutrición baja en carbohidratos y alta en grasas (LCHF, por sus siglas en inglés), se define como un tipo de alimentación que conlleva a un aporte alto en grasas, adecuado en proteínas y reducido en carbohidratos, específicamente en proporción menor a 100 gramos/día (8).

De esta manera, al tener un aporte reducido de glucosa en sangre, el hígado se ve obligado a producir y liberar cuerpos cetónicos a la circulación; entrando a un estado de “cetosis nutricional”. Con el tiempo, esta adecuación proporcionará la posibilidad de que el organismo se adapte a las condiciones sometidas para usar a los cuerpos cetónicos como fuente de energía principal, lo que se denomina cetoadaptación (9).

Actualmente, la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas ha entrado a la vista de distintas ramas deportivas con el objetivo de mejorar diversos marcadores dentro del rendimiento deportivo y composición corporal de los individuos. Las últimas actualizaciones informativas aseguran que esta práctica puede tener un efecto positivo tanto en la reducción de la masa grasa como en el mantenimiento de la masa muscular (10).

Por ende, es de importancia conocer la eficacia de esta práctica dietética; pues, un mayor conocimiento y fuentes de información pueden permitir acceder a diferentes opciones alimentarias según el objetivo de los individuos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en el entrenamiento de fuerza muscular?

MARCO TEÓRICO

Entrenamiento de fuerza muscular

Ninguna actividad física del ser humano es imaginable sin la fuerza. Especialmente, un adecuado rendimiento deportivo sólo se puede conseguir con la aplicación específica de la fuerza (11). Las principales fuerzas que intervienen en el entrenamiento deportivo se denominan: fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza de resistencia. No obstante, se dará énfasis a la fuerza máxima.

El principal modo de entrenar la fuerza en general es el entrenamiento de desarrollo muscular como una forma de incrementar la fuerza máxima (11). La fuerza máxima es la máxima fuerza que se puede ejercer intencionadamente frente a una resistencia; se manifiesta tanto en su forma dinámica como estática. Es un trabajo netamente estático donde se mantiene un equilibrio entre las fuerzas musculares y las fuerzas externas opuestas.

La fuerza máxima se alcanza, por un lado, a través de la hipertrofia del músculo, y por otro, mejorando la utilización sincrónica del mayor número posible de unidades motoras; también se aplica la combinación de ambos mediante un entrenamiento combinado (11).

Un programa de entrenamiento de resistencia consiste en estimular el músculo para aumentar su tamaño mediante el aumento de la cantidad de proteínas contráctiles. Esta adaptación permite que se formen más puentes cruzados de actina-miosina durante la activación muscular, lo que a su vez permite que el músculo produzca más fuerza. El aumento en el tamaño del músculo se debe a varios factores, donde cada uno de ellos contribuye al resultado final del crecimiento muscular (12).

El músculo puede crecer de dos maneras: 1. Por hipertrofia, que significa aumento del tamaño de las fibras musculares individuales y 2. Por hiperplasia, que significa aumento del número de fibras musculares. La hipertrofia se considera el factor principal de crecimiento muscular (12).

Existen dos principios esenciales para la base de un buen crecimiento muscular. Primero, el músculo debe ser estimulado para que aumente su tamaño, mediante un programa de ejercicios de resistencia bien estructurado y diseñado. Segundo, el aumento del tamaño del músculo requiere energía y esta se obtiene de una dieta equilibrada que proporcione las calorías y nutrientes adecuados. Si se ignoran estos principios, el músculo simplemente no se adaptará, ya que, el estímulo mediante el entrenamiento de fuerza y el aporte nutricional es vital para el desarrollo óptimo del músculo (12).

El organismo necesita de los carbohidratos, proteínas y grasas para reparar y remodelar la estructura muscular. Esto acorde con los hábitos dietéticos como: el ritmo de ingesta de nutrientes durante la sesión de entrenamiento, el sueño apropiado y estilo de vida saludable. Con el fin de contribuir a la eficacia de la reparación muscular y, por consiguiente, a su crecimiento (12).

Alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en deportistas

Durante las últimas décadas, las pautas de nutrición y entrenamiento para deportistas se han centrado en estrategias que apuntan a asegurar una disponibilidad y capacidad adecuada para integrar el uso de las reservas de combustible del músculo para producir ATP (13). En el transcurso del tiempo, los fisiólogos del ejercicio han apreciado el papel de los carbohidratos y las grasas frente al suministro de energía para el músculo esquelético en ejercicio (14).

El enfoque tradicional para la nutrición en deporte ha promovido pautas dietéticas ricas en carbohidratos antes, durante y después de las sesiones de entrenamiento, con el fin de maximizar las reservas de glucógeno muscular y la respuesta adaptativa (15). Esto, en consideración a que en la década de 1960 se descubrió que el agotamiento del glucógeno muscular estaba asociado con la fatiga y que, al implementar una dieta alta en carbohidratos, el glucógeno

muscular junto con el rendimiento físico se mantiene de manera estable (16). La búsqueda de una intervención dietética correctamente aplicada y controlada sobre la actividad física ha llevado a explorar los distintos sustratos energéticos disponibles para la obtención de energía.

La literatura existente se ha enfocado casi exclusivamente en la utilización de carbohidratos y grasa, pero el músculo esquelético tiene la capacidad de resintetizar ATP a partir de sustratos que incluyen a las proteínas, lactato y cuerpos cetónicos (17). Durante los últimos 20 años, la investigación ha sugerido que la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas puede ser efectiva en la reducción de la masa grasa, pero lo más importante es que un cierto número de estudios han informado sobre los beneficios en el mantenimiento de la masa muscular. Por consiguiente, es posible que la oxidación de ácidos grasos y el metabolismo de los cuerpos cetónicos sean capaces de proporcionar suficiente energía para compensar el decrecimiento de la disponibilidad de glucosa, ahorrando así a las proteínas del músculo y el mantenimiento de la masa magra (18).

Teniendo esto en cuenta, se han creado nuevos conceptos para mejorar el rendimiento de resistencia, con la hipótesis de que una dieta baja en carbohidratos y alta en grasas aumenta la liberación, el transporte, la absorción

y la utilización de los ácidos grasos libres durante el ejercicio, mientras que el glucógeno muscular se conserva para etapas posteriores del ejercicio (19).

La alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas (menos de 100 g de carbohidratos al día) tiene como finalidad utilizar los ácidos grasos libres circulantes como fuente principal de energía, mientras se restringe la ingesta de carbohidratos. En estas condiciones, el cuerpo se adapta para utilizar las grasas como sustrato energético alternativo, induciendo al cuerpo a un estado de “cetosis nutricional” el cual permite al hígado producir y liberar cuerpos cetónicos a la circulación sanguínea para su posterior utilización (20).

En condiciones normales, la energía se origina principalmente de la glucosa proveniente de los carbohidratos. La glucosa entra en un proceso de glucólisis, generando acetil coenzima A (CoA), que se condensa con oxalacetato en el ciclo de los ácidos tricarbónicos o ciclo de Krebs, cuyos electrones resultantes son usados en la cadena de transporte de electrones para generar fosfatos de alta energía; mientras que la privación de glucosa conducirá al agotamiento de las reservas de glucógeno (21).

Para compensar el proceso anterior, el cuerpo producirá glucosa endógena a través de la gluconeogénesis. Cuando esta producción de glucosa se ve insuficiente para satisfacer las necesidades energéticas del organismo, la

cetogénesis comienza a proporcionar energía por medio de su forma de cuerpos cetónicos (22).

Sin embargo, estar en “cetosis” no necesariamente indica que el cuerpo ocupará de manera correcta a los cuerpos cetónicos. Para esto, se necesita una serie de adaptaciones para acomodar la “alteración” en la preferencia de combustible (23).

Este proceso es conocido como “cetoadaptación” que involucra adaptaciones de múltiples órganos para generar cuerpos cetónicos como fuente de energía alternativa. A beneficio de lo señalado, los cuerpos cetónicos ejercen una variedad de efectos metabólicos que incluyen efectos lipolíticos en el tejido adiposo, atenuación de la utilización de la glucosa y posible atenuación de la proteólisis en el músculo esquelético (24). Lo que indicaría efectos positivos para el rendimiento del atleta.

Se ha registrado que el organismo tarda semanas en hacer el cambio y es vital que las concentraciones de cuerpos cetónicos en sangre alcancen un cierto nivel para adquirir los beneficios mencionados. En concreto, una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas sostenida en el tiempo permite alcanzar esta adaptación metabólica que se manifiesta con cetosis nutricional sostenida,

mayores tasas de oxidación de grasas y una disminución de la tasa de oxidación de carbohidratos en tejidos que demandan energía (25,26).

Dieta baja en carbohidratos y alta en grasas en el entrenamiento de fuerza

Se ha citado en la literatura y se ha demostrado en la práctica real que una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas puede reducir la masa corporal total y la masa grasa, al mismo tiempo que se conserva la masa libre de grasa (27). Ahora para adquirir este beneficio, es necesario que el individuo a evaluar esté sometido a actividades que impliquen ejercicio físico (28).

Dentro de las investigaciones de la rama deportiva, se estableció que el músculo esquelético es un sitio importante de cetólisis en estado de reposo (utilización cuerpos cetónicos) (29-32). Además, se confirma que el músculo esquelético tiene una alta afinidad por los cuerpos cetónicos, pero debido a las bajas concentraciones circulantes en condiciones normales, la contribución al suministro de energía en el músculo es inferior al 5 % (29,30).

A consecuencia de esto, se han llevado a cabo investigaciones para comprender de qué manera esta técnica dietética puede ser positiva para el entrenamiento. Actualmente, un ensayo de controlado no aleatorizado comparó el efecto a largo plazo (12 semanas) en el rendimiento, del consumo de LCHF

versus una dieta alta en carbohidratos (HC, por sus siglas en inglés), en atletas masculinos entrenados en resistencia (33).

El criterio de selección de los participantes consistió en práctica de deporte físico durante más de 2 años, entre 18-40 años y que consumieran una dieta basada en carbohidratos (> 50% kcal). Los participantes estuvieron representados por los siguientes deportes: triatlón (n=6), ciclismo (n=5), Iron Man (n=4), corredores de maratón (n=3), ultramaratonista (n=1) y corredor de aventuras (n=1); y se establecieron dos grupos de 10 personas. Cada grupo recibió la misma intervención de entrenamiento, con entrenamiento de resistencia (ciclismo y carrera), entrenamiento de fuerza y entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) para estimular la biogénesis mitocondrial.

Cada participante completó más de 7 horas de entrenamiento de resistencia a la semana (intensidad moderada 56–68% VO₂ max), 2 sesiones de fuerza; 6 series de 8–10 repeticiones en prensa de piernas o sentadilla libre (70–80 % de los participantes 1RM) y 2 sesiones de HIIT/ semana (10 series de 1 min al 70 % de potencia máxima con 1 min de recuperación. Los objetivos de macronutrientes fueron: HC 65% CHO, 20% grasa y 14% proteína y LCHF >75% grasa, 10–15% proteína y <50 g/d CHO. Los resultados del ensayo indicaron una composición corporal mejorada, oxidación de grasas durante el ejercicio y un mayor rendimiento en atletas de resistencia ceto adaptados de 12

semanas, en comparación con un grupo con una dieta alta en carbohidratos (33).

El hallazgo de que 12 semanas de cetoadaptación mejoró la capacidad de ejercicio aeróbico y anaeróbico, así como la composición corporal, en los atletas de resistencia, ciertamente implica que existe potencial para usar la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas para mejorar el rendimiento y el metabolismo (33).

Por otro lado, un estudio el cuál comparó el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas y la dieta alta en hidratos de carbono en el aumento de la masa y fuerza muscular, tuvo como resultado que ambas dietas produjeron un aumento significativo en el porcentaje de masa muscular. Por tanto, ambas dietas estarían indicadas para personas que quieren mejorar su masa muscular y fuerza llevando a cabo entrenamientos de hipertrofia (34).

El papel de la ingesta dietética en el entrenamiento de fuerza muscular tiene alto impacto frente a las adaptaciones ante el ejercicio físico. Es así como mediante investigaciones se asegura que si se consume suficiente aporte de proteínas mientras se implementa la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas, al mismo tiempo que se realiza entrenamiento de fuerza muscular (u otro), se pueden mantener las tasas de síntesis proteica muscular y/o

disminución en la degradación de proteínas, atenuando así la disminución en la masa libre de grasa y el mantenimiento del músculo (35-37).

En base a lo investigado, se sostiene que la oxidación de ácidos grasos y el metabolismo de los cuerpos cetónicos son capaces de proporcionar suficiente energía para compensar el decrecimiento de la disponibilidad de glucosa, resultando así en un ahorro en la utilización de proteínas del músculo y mantenimiento de la masa magra (6).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar en base a la literatura disponible, el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa en el entrenamiento de fuerza muscular.

Objetivos específicos

- Comparar los beneficios de una alimentación habitual y una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en el entrenamiento de fuerza muscular.
- Determinar las desventajas de una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en el entrenamiento de fuerza muscular.
- Analizar la composición de nutrientes y el mecanismo de acción de una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas sobre el entrenamiento de fuerza muscular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de investigación

Se realizó una revisión narrativa, la cual se caracteriza por ser un tipo de estudio que permite comparar y analizar los resultados de varios estudios seleccionados por cada autor, sin embargo, no tiene un método específico de recolección de datos (38). En tal sentido, se analizó el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa en el entrenamiento de fuerza muscular.

Variables de Estudio

Las variables de estudio que se definieron fueron: 1) Dieta de comparación a la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas, 2) Cantidad de macronutrientes que se implementa en la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas, 3) Tiempo de la intervención, que es el período de tiempo medido en días, desde que inicia hasta que termina un estudio, 4) Tipo de entrenamiento de fuerza muscular, 5) El género de los participantes.

Unidad de Análisis.

La unidad de análisis correspondió a todos aquellos artículos primarios en los que se evaluó el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas sobre el entrenamiento de fuerza muscular.

Criterios de Selección.

1. Criterios de inclusión:

- a) Estudios primarios, en los cuales se evaluaron los efectos de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en el entrenamiento de fuerza muscular.
- b) Estudios primarios que incluían hombres y/o mujeres adultos que practican entrenamiento de fuerza muscular e implementan una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas.
- c) Estudios primarios con una antigüedad máxima de 5 años.

Recolección de Datos.

Se seleccionó una variedad de estudios en diferentes bases de datos mediante una búsqueda exhaustiva, la cual incorporó las siguientes palabras clave: *muscle strength training*, *strength training*, *low carb high fat diet*, *ketogenic diet*, *nutritional ketosis*. Todas las palabras clave fueron previamente verificadas con los descriptores en ciencias de la salud.

Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, Scielo, Open Access Journal, MDPI, Google Scholar, Sciforum, con los siguientes términos y operadores booleanos *[[low carb high fat diet] AND [muscle strength training]]*, la cual entregó 69 resultados. Posteriormente, se aplicó el filtro de ensayos clínicos en humanos en los últimos 10 años, en inglés y español, quedando un

total de 69 artículos, de los cuales fueron removidos los duplicados. Tras analizar los resúmenes y títulos de los distintos estudios encontrados en las diferentes fuentes de información, se seleccionaron un total de 28 artículos. Una vez definidos, se eligieron 8 ensayos que cumplieran con los criterios de inclusión señalados anteriormente (Figura 1).

Plan de análisis.

Se resumieron cada uno de los estudios primarios incluidos en la revisión y se analizaron y discutieron los hallazgos más importantes, para responder a la pregunta de investigación. Igualmente, se incluyó una tabla resumen que incorporó autor, año, país, participantes, variables y resultados clave, de los artículos seleccionados.

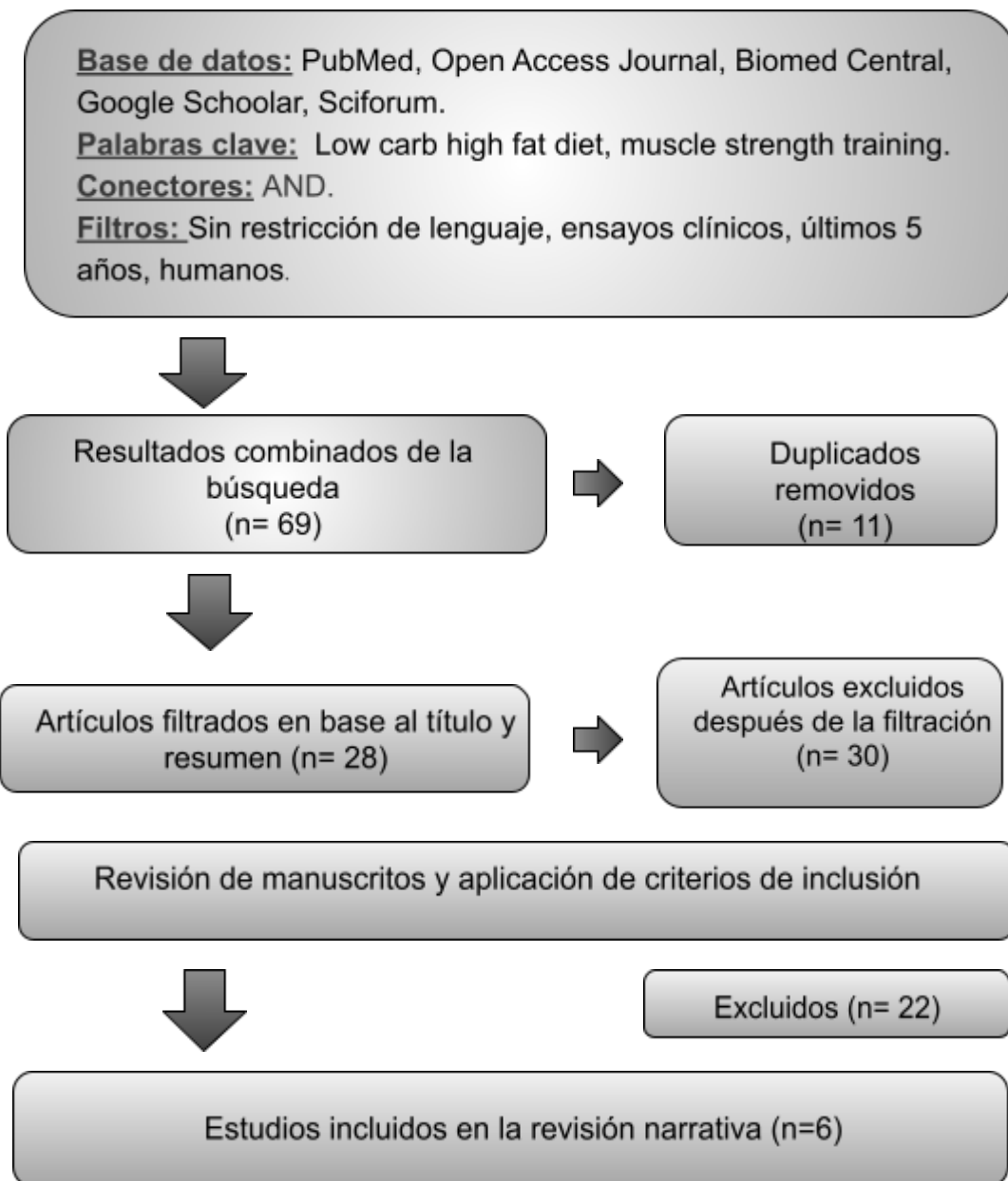


Figura 1. Selección de los artículos para revisión narrativa.

RESULTADOS

A continuación, se describen 6 artículos primarios que formaron parte de la revisión. En la tabla 1, se presenta un resumen de las características de dichos estudios, así como los resultados más importantes. De todos los estudios seleccionados, 5 eran estudios controlados aleatorizados y solo 1 correspondía a un estudio aleatorio cruzado, en los cuales se evaluó el efecto de la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa en el entrenamiento de fuerza muscular.

Abadía et al. (2020) (39), llevó a cabo un estudio controlado aleatorizado donde se evaluaron a 10 varones con más de dos años de experiencia en el entrenamiento sistemático de la fuerza, todos fueron voluntarios en la participación del estudio y se les consideró como sujetos entrenados. Los 10 participantes fueron divididos en 2 grupos de 5 sujetos cada uno y ambos con una duración de 8 semanas. El grupo 1 fue sometido a la dieta cetogénica con un total de 2g/kg/día de proteína, un 5% de hidratos de carbono al día y lo restante correspondía a las grasas, adicional se les daba un suplemento multivitamínico-mineral. El grupo 2 fue sometido a una dieta con alto porcentaje de hidratos de carbono con un total de 2g/kg/día de proteína, 60 % de hidratos de carbono al día y lo restante en grasas. Todos los participantes realizaron el mismo entrenamiento de fuerza, con el fin de reducir las diferencias obtenidas en la composición corporal debidas a este factor. Durante el periodo de estudio

se analizó la composición corporal de los sujetos estudiados mediante antropometría (peso corporal, porcentaje de grasa, porcentaje de masa muscular, peso graso, peso muscular y peso magro) y con respecto a su fuerza muscular se calculó con un test 1RM en los ejercicios de sentadilla y press banca. Ambas dietas produjeron un aumento significativo en el porcentaje de masa muscular. La dieta alta en hidratos de carbono aumentó significativamente en 1,25% la masa muscular con un 11,1% la 1RM press banca y 31,5% la 1RM sentadilla, siendo este aumento el más destacado en la dieta rica en carbohidratos. Sin embargo, no tuvo una disminución significativa de masa grasa. La dieta cetogénica aumentó significativamente en 1,96% la masa muscular con un 7,5% la 1RM press banca y 16,5% la 1RM sentadilla. La dieta cetogénica destacó por la disminución significativa de 1,79 % de grasa y de 1,22% en el peso graso.

Vargas et al (2020) (40), realizó un ensayo controlado aleatorizado donde se evaluaron a 24 hombres sanos con más de dos años de experiencia continua en entrenamiento de sobrecarga. Los participantes fueron divididos en 3 grupos de manera aleatoria con un tiempo de duración de 8 semanas. El grupo 1 correspondiente a la dieta cetogénica (DC) tuvo un total de 9 sujetos, donde cada uno consumió 42 g de carbohidratos totales por día para asegurar el estado de cetosis, 2 g/kg/d de proteína que se recomienda para la construcción de masa muscular y 3,2 gr/kg/d de grasa. El cumplimiento del estado de cetosis

se controló midiendo las cetonas urinarias semanalmente utilizando tiras reactivas. El grupo 2 correspondiente a la dieta no cetogénica (NDC) tuvo un total de 10 sujetos, donde cada uno consumió 2 g/kg/d de proteína que es lo que se recomienda para la construcción de masa muscular, 25% de grasa y lo restante correspondió a los hidratos de carbono. Por último, el grupo 3 correspondiente al grupo control (GC) tuvo un total de 5 sujetos.

El plan de entrenamiento de fuerza muscular al cual fueron sometidos consistió en 4 sesiones por semana de un protocolo de entrenamiento de hipertrofia, organizado en 2 días para miembros superiores, y 2 días para miembros inferiores, con 72 h de descanso entre sesiones para fomentar la recuperación. En el grupo DC hubo una reducción significativa en la masa grasa y tejido adiposo visceral, mientras que no se observaron cambios significativos en la NDC y GC en masa grasa o tejido adiposo visceral. No se observaron aumentos significativos en el peso corporal total y masa muscular en el grupo DC, pero el grupo NDC mostró aumentos en estos parámetros. No hubo cambios ni en el peso corporal total ni en la masa corporal magra en el GC.

Pavel kysel et al (2020) (41), describe un ensayo controlado aleatorizado donde se evaluaron a 25 hombres entre los 18 a 30 años, de varios niveles de condición física con un mínimo de 1 año de experiencia en entrenamiento de resistencia. Los participantes fueron asignados al azar en 2 grupos para seguir

una dieta cetogénica cíclica (DCC) o una dieta de reducción (DH) (ambos con una reducción de la ingesta calórica total de 500 kcal/día) mientras participaban en 3 entrenamientos de fuerza y 3 entrenamientos aeróbicos por semana (30 min de carrera, frecuencia cardíaca de alrededor de 130 –140 lat/min.) durante 8 semanas. En el grupo de DCC, la ingesta total de energía se asignó a cada participante en función del estilo de vida (calculada individualmente según el somatotipo, la actividad física, el tipo de trabajo, etc.) y se redujo en 500 kcal por día. La primera etapa constó de 5 días de fase baja en hidratos de carbono, ratio de nutrientes (carbohidratos hasta 30 g; proteínas 1,6 g/kg; grasas: cálculo de aporte energético en lugar de hidratos de carbono) para inducir y mantener la cetosis.

La continuación fue con 2 días de fase hidrocarbonada (fines de semana): ratio de nutrientes (8-10 g de hidratos de carbono/1 kg de tejido no graso, ingesta 70%; proteínas 15%; grasas 15%). En el grupo de DR, la alimentación se basó en los principios de una nutrición saludable con proporción de nutrientes: carbohidratos 55%, grasas 30% y proteínas 15% de la ingesta total de energía. La ingesta calórica fue calculada individualmente según somatotipo, actividad física, tipo de trabajo, etc., y se redujo en 500 kcal por día. Los resultados mostraron que en ambos grupos se redujo el peso corporal, la grasa corporal y el IMC. La masa corporal magra y el agua corporal disminuyeron en DCC y no cambiaron significativamente en el grupo DR. Los parámetros de fuerza

muscular no se vieron afectados en DCC mientras que en el grupo DR los valores de polea lateral y prensa de piernas aumentaron. De manera similar, el rendimiento de resistencia no cambió en el grupo DCC mientras que en el grupo DR aumentó la carga de trabajo máxima y el consumo máximo de oxígeno.

Paoli et al. (2021) (42), describen un estudio paralelo controlado aleatorizado donde se evaluaron a 19 atletas masculinos asignados aleatoriamente con al menos 5 años de experiencia en entrenamiento y que competían en una categoría reconocida de fisicoculturismo. Los 19 participantes fueron divididos en 2 grupos con una duración de 8 semanas. El grupo 1 (n=9) fue sometido a dieta cetogénica (DC) con un total de 2,5 g/kg/día de proteína, un 5% de hidratos de carbono al día (< 50 g) y lo restante correspondía a las grasas. El grupo 2 (n=10) fue sometido a una dieta occidental (DO) con un total de 2,5 g/kg/día de proteína, un 55% de hidratos de carbono al día y lo restante en grasas.

La evaluación de fuerza muscular al cual fueron sometidos consistió en el test de repetición máxima realizado durante el ejercicio de sentadilla para la fuerza de los miembros inferiores y durante el ejercicio de press de banca para la fuerza de los pectorales. Durante el periodo de estudio se analizó la composición corporal de los sujetos mediante análisis de impedancia bioeléctrica (valores masa magra y masa grasa) y el metabolismo basal y el

cociente respiratorio mediante calorimetría indirecta. Todos los sujetos reclutados completaron con éxito el estudio. La dieta cetogénica redujo el peso corporal en un 1%, mientras que la D grasa disminuyó significativamente solo en el grupo con dieta cetogénica, mientras que la masa magra aumentó significativamente en el grupo con dieta occidental. En cuanto a distribución de masa grasa y masa magra, se observó que ambos grupos redujeron la masa grasa, siendo significativo en el grupo con DC. La fuerza se incrementó en ambos grupos de estudio, tanto en el test de press de banca como en el test de sentadilla. No hubo diferencias significativas entre los grupos de estudio. El grupo DC mejoró su rendimiento en press de banca y sentadillas en un 4,13% y un 3,62% mientras que el grupo DO mejoró en un 3,75% y 6,40% respectivamente.

Vargas et al. (2020) (43), describen un estudio prospectivo, controlado, aleatorizado de brazos paralelos donde se evaluaron a 21 mujeres voluntarias con al menos 2 años de experiencia continua en entrenamiento de resistencia. Las 21 participantes fueron asignadas aleatoriamente en 2 grupos con una duración de 8 semanas. El grupo 1 (n=10) fue sometido a dieta cetogénica (DC) con un total de > 1,7 g/kg/día de proteína (26%) , < 10% de hidratos de carbono al día (30-40 g/d) y 65% correspondiente a las grasas. El grupo 2 (n=11) fue sometido a una dieta occidental (DO) con un total de > 1,7 g/kg/día de proteína, un 57% de hidratos de carbono al día y lo restante en grasas. Todos los

participantes completaron cuatro sesiones de entrenamiento por semana, durante 8 semanas. Se empleó una rutina dividida para la parte inferior y superior del cuerpo. Se evaluó los niveles de fuerza muscular mediante salto con contramovimiento (CMJ) y repetición máxima (RM) en los ejercicios de sentadilla y press de banca. Durante el periodo de estudio se analizó la composición corporal total de los sujetos mediante estimación por absorciometría de rayos X de energía dual (DXA). Se observó una disminución significativa de la masa corporal y grasa corporal en el grupo DC, mientras que DO no mostró cambios significativos. No se observaron cambios significativos con respecto a la masa libre de grasa en ambos grupos, pero los cambios favorecieron a DO. No se observaron cambios significativos en el press de banca en DC, aunque se observaron cambios significativos en sentadilla y CMJ. Por el contrario, DO mostró aumentos significativos en el press de banca, sentadilla y CMJ.

Paoli et al. (2021) (44), describen un estudio prospectivo, controlado, aleatorizado de brazos paralelos donde se evaluaron a 16 jugadores de fútbol masculino semi profesionales. Los 16 participantes fueron asignados aleatoriamente en 2 grupos con una duración de 4 semanas. El grupo 1 (n=8) fue sometido a dieta cetogénica (DC) muy baja en carbohidratos con un total de 1,8 g/kg/día de proteína (25-30%), < 10% de hidratos de carbono al día (30 g/d) y 65-70% correspondiente a las grasas. El grupo 2 (n=8) fue sometido a una

dieta occidental (DO) con un total de 1,8 g/kg/día de proteína, un 50-55% de hidratos de carbono al día y lo restante en grasas. Se evaluaron los niveles de fuerza muscular mediante fuerza máxima de los músculos extensores de la rodilla y pruebas de rendimiento mediante test de naveta y salto con contramovimiento (CMJ) Durante el periodo de estudio, se analizó la composición corporal de los sujetos mediante báscula electrónica (peso corporal), estadiómetro (altura), cinta antropométrica (cintura), la composición corporal total mediante estimación por absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) y el agua extracelular mediante análisis de impedancia bioeléctrica. Hubo una disminución significativamente mayor de grasa corporal, tejido adiposo visceral, circunferencia de la cintura y agua extracelular en DC en comparación con grupo DO. Disminuyó significativamente el peso corporal en ambos grupos sin diferencias significativas. La masa del tejido magro blando se mantuvo sustancialmente constante en ambos grupos. Cuádriceps, el área muscular y la fuerza máxima se mantuvieron en ambos grupos. Test de naveta y CMJ mejoraron significativamente en ambos grupos sin diferencias significativas entre grupos.

TABLA 1. Características de los artículos incluidos en la revisión narrativa.

Referencia (Autor, año, país)	Diseño de estudio.	Participantes (Número de muestra, edad, género)	Variables 1. Dieta de comparación 2. Tiempo de intervención	Resultados claves
Antonio Paoli et al. (2021) Roma, Italia.	Estudio paralelo controlado aleatorio.	Número de muestra: n=19. Edad 20 - 40 años. Género: Masculino.	1. Dieta cetogénica y Dieta occidental. 2. 8 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Ambos grupos redujeron masa grasa, pero fue significativo en KD. - Ambos grupos con incrementos de fuerza. - Disminución de porcentaje masa grasa en KD se asoció con un aumento significativo de la masa magra.
Salvador Vargas-Molina et al. (2020) Málaga, España.	Estudio prospectivo controlado aleatorizado brazos paralelos.	Número de muestra: n=21. Edad 18 - 35 años. Género: Femenino.	1. Dieta cetogénica hiperproteica y Dieta occidental hiperproteica. 2. 8 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución significativa en composición corporal en KD. - Ambos grupos sin cambios significativos en MLG. - Ambos grupos con incrementos en intervención actividad física.
Antonio Paoli et al. (2021) Padua, Italia.	Estudio prospectivo controlado aleatorizado brazos paralelos.	Número de muestra: n= 16. Edad 25 años. Género: Masculino.	1. Dieta cetogénica hiperproteica y Dieta occidental hiperproteica. 2. 4 semanas.	<ul style="list-style-type: none"> - Ambos grupos redujeron ingesta total de energía sin cambios significativos. - Disminución significativa de grasa corporal, tejido adiposo visceral y circunferencia de cintura en grupo KD. - Ambos grupos mantuvieron la masa magra. - Ambos grupos mantuvieron área muscular del cuádriceps y fuerza máxima.

Referencia (Autor, año, país)	Diseño de estudio.	Participantes (Número de muestra, edad, género)	Variables 3. Dieta de comparación Tiempo de intervención	Resultados claves
M. Borrueal Abadía et al. (2020) Valencia, España.	Estudio paralelo controlado aleatorio.	Número de muestra: n= 10. Edad 24 ± 6. Género: Masculino.	1. Dieta cetogénica y Dieta alta en CHO. 2. 8 semanas.	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas dietas produjeron un aumento significativo en el porcentaje de masa muscular. - La dieta alta en hidratos de carbono aumentó significativamente en 1,25% la masa muscular. - La dieta cetogénica aumentó significativamente en 1,96% la masa muscular.
Salvador Vargas et al. (2020) Málaga, España.	Ensayo controlado aleatorizado.	Número de muestra: n= 24. Edad 30 ± 4,5 años. Género: Masculino.	1. Dieta cetogénica y Dieta no cetogénica. 2. 8 semanas.	<ul style="list-style-type: none"> - En el grupo DC hubo una reducción significativa en la masa grasa y tejido adiposo visceral, mientras que no se observaron cambios significativos en la NDC y GC en masa grasa o tejido adiposo visceral. - No se observaron aumentos significativos en el peso corporal total y masa muscular en el grupo DC, pero el grupo NDC mostró aumentos en estos parámetros. - No hubo cambios ni en el peso corporal total ni en la masa corporal magra en el GC.

Referencia (Autor, año, país)	Diseño de estudio.	Participantes (Número de muestra, edad, género)	Variables .- Dieta de comparación .- Tiempo de intervención	Resultados claves
Pavel kysel et al. (2020) Praga, República Checa.	Ensayo controlado aleatorizado.	Número de muestra: n= 25 Edad 18 - 30 años. Género: Masculino.	1. Dieta cetogénica cíclica y Dieta normal de reducción. 2. 8 semanas.	<ul style="list-style-type: none"> - En ambos grupos se redujo el peso corporal, la grasa corporal y el IMC. - La masa corporal magra y el agua corporal disminuyeron en DCC y no cambiaron significativamente en el grupo DR. - Los parámetros de fuerza muscular no se vieron afectados en DCC mientras que en el grupo DR los valores de polea lateral y prensa de piernas aumentaron. De manera similar, el rendimiento de resistencia no cambió en el grupo DCC mientras que en el grupo DR aumentó la carga de trabajo máxima y el consumo máximo de oxígeno.

DISCUSIÓN

Conforme a la presente revisión narrativa, los resultados descritos sustentan que una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en el entrenamiento de fuerza muscular mejora la composición corporal disminuyendo significativamente el % de masa grasa y de tejido adiposo visceral con un pequeño aumento en la fuerza muscular. Sin embargo, no se presentan cambios significativos a nivel de la masa magra.

Las ventajas propuestas por este tipo de enfoque dietético son la maximización de las tasas de oxidación de grasas que proporciona una fuente de combustible alternativa o complementaria para mantener el tiempo y rendimiento en el ejercicio físico (45). Todos los estudios agrupados en esta revisión narrativa comparten características similares: no se incluyeron participantes que hayan recibido tratamiento farmacológico y uso complementario de suplementos y/o agentes dopantes previos, ni pacientes con otros factores de confusión, tales como, enfermedades metabólicas, cardiovasculares, respiratorias diagnosticadas, ni participantes que no tuvieran el mínimo de experiencia en el entrenamiento deportivo seleccionado.

Los objetivos principales de los 6 estudios examinados, fueron evaluar el efecto de una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasa sobre la composición corporal, fuerza muscular y masa magra, sin embargo, una variante limitante

dentro de los estudios fue la distribución no estandarizada de los macronutrientes, ya que en cada estudio se manejaron rangos distintos. En el caso de algunos de los estudios no hubo especificación de los gramos de grasa/día, pero en los demás siempre se informó la cantidad de proteínas/día y el porcentaje de carbohidratos. En todos los estudios se administraron dietas hiperproteicas con un rango entre 1,7 - 2 g/kg/día en conjunto a un rango aproximado en grasas de 3 g/kg/día equivalente a un 65 - 70% de la VCT.

De los estudios evaluados en esta revisión, 6 de ellos apuntan que llevar una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en un entrenamiento de fuerza muscular tienen beneficios a nivel del rendimiento deportivo junto a una disminución de masa grasa, en cambio, con respecto a la masa magra ninguno de los estudios muestra resultados relevantes. Solo 1 estudio de los analizados apunta que llevar una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en un entrenamiento de fuerza muscular tiene un impacto de 1,96% de aumento en la masa magra.

La disminución de masa grasa y conservación de la masa magra se puede evidenciar debido a que este tipo de alimentación permite que el organismo busque fuentes de energía alternativas debido a la limitación del consumo de carbohidratos que conduce al agotamiento de las reservas de glucógeno muscular. (9)

La adherencia a una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas aumenta la cetogénesis y por consecuencia las concentraciones de cuerpos cetónicos, promoviendo así la oxidación de grasas endógenas para obtención de energía en forma de cetonas. En primer lugar, el organismo iniciará la producción de glucosa endógena a través del proceso de la gluconeogénesis para satisfacer necesidades energéticas. Cuando ésta sea deficiente, se utilizarán los ácidos grasos libres como fuente principal de energía. A consecuencia de esto, la movilización de las reservas de grasa resultará en una reducción de la masa grasa.(9)

A pesar de tener una disminución en la masa corporal y la masa grasa, la preservación de la masa magra puede ser resultado de las cantidades moderadas a altas en ingesta proteica (1,2 - 2 gr/kg/d) (46). Durante periodos de pérdida de peso existe una mayor dependencia de los aminoácidos para la producción de energía y su utilización en gluconeogénesis. El aumento de la proteólisis crea un balance negativo de proteínas lo que resulta en una pérdida de masa magra. Sin embargo , si el consumo de proteínas es de al menos 1,6 gr/kg/d , el balance proteico es menos negativo y la masa magra se preserva. (47)

Con respecto a lo expuesto anteriormente, es indispensable que a futuro se realicen más investigaciones relacionadas con la alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas frente a un entrenamiento de fuerza muscular. A su vez, potenciar los tamaños de muestra y duración de la intervención para

examinar con mayor profundidad los efectos del entrenamiento de fuerza muscular después de una alimentación baja en carbohidratos y alta en grasas en comparación con una dieta occidental.

Además de esto, es importante realizar una adecuación nutricional que contemple la fuente de nutrientes, el grado de restricción y la duración de la dieta para así tener un mayor control frente a posibles síntomas ejercidos por un déficit de nutrientes, ya que, al ser una dieta con restricción en la ingesta de carbohidratos, podría generar estados carenciales de fibra dietética, vitaminas y minerales que pueden conllevar a riesgos y complicaciones en la salud del individuo.(48)

Planteado lo anterior, es necesario que se incluya un equipo multidisciplinario que esté enfocado en evaluar el entrenamiento, rendimiento y recuperación del individuo, acompañado de una educación dietética personalizada junto con el seguimiento de un profesional nutricionista especializado en el área para obtener resultados adecuados y satisfactorios, y de esta forma aumentar la adherencia y obtener los beneficios al enfoque dietético.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de los estudios revisados señalan que ambos tipos de alimentación (baja en carbohidratos y alta en grasas y dieta occidental), sumado a un plan de entrenamiento de fuerza muscular, tienen efectos beneficiosos en la composición corporal de los individuos estudiados. Además, se concluye que ayudan a disminuir la masa grasa y mantener la masa magra, pero no es un método adecuado para aumentar esta última, ya que el impacto es mínimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Claudia De Los Ángeles Miranda Fuentes. Efectos del entrenamiento de fuerza muscular sobre el gasto energético, fatiga y biomarcadores de actividad física en adultos sanos. Universidad de Granada, facultad de ciencias del deporte; 2021-12-02. 51 - 52 - 56 - 60.
2. Carlos J. Padilla Colón, Pilar Sánchez Collado y María José Cuevas. Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*. 2014, may; Volumen 29 (5). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014000500004.
3. Febbraio MA, Chiu A, Angus DJ, Arkinstall MJ, Hawley JA. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol* [Internet]. 2000.
4. Pérez-Guisado J. Rendimiento deportivo: glucógeno muscular y consumo proteico. *Apunts Med I Esport* [Internet]. 2008 [citado el 3 de mayo de 2022]
5. Fernandez Vaquero A, Lopez Chicharro J. *Fisiología del Ejercicio - 3b: Edición*. Editorial Medica Panamericana; 2006
6. Benoit FL, Martin, RL, Watten RH. Changes in body composition during weight reduction in obesity balance studies comparing effects of fasting and ketogenic diet. *Ann Intern Med* 1965;63(4):604-12.

7. Sumithran P, Proietto J. Ketogenic diets for weight loss: a review of their principles, safety and efficacy. *Obes Res & Clin Pract* 2008;2(1):1-13.
8. Paoli A, Rubini A, Volek JS, Grimaldi KA. Más allá de la pérdida de peso: una revisión de los usos terapéuticos de las dietas muy bajas en carbohidratos (cetogénicas). *Eur J Clin Nutr* 2013;67(8):789–96.
9. Laffel L. Cuerpos cetónicos: una revisión de la fisiología, la fisiopatología y la aplicación del control a la diabetes. *Diabetes Metab Res Rev* 1999;15(6):412–26.
10. Martín-Moraleda E, Delisle C, Collado Mateo D, Aznar-Lain S. Weight loss and body composition changes through ketogenic diet and physical activity: a methodological and systematic review. *Nutr Hosp* [Internet]. 2019;36(5):1196–204. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02604>
11. Hans Ehlenz, Elke Zimmermann, Manfred Grosser. Entrenamiento de la fuerza. (Internet). Edición Martínez Roca. España: Libergraf, S.A. 1990. p.11 - 107. Disponible en: https://isfd18-bue.infod.edu.ar/aula/archivos/repositorio//0/166/Entrenamiento_de_la_fuerza_-_Grosser.pdf
12. William J. Kraemer, Barry A. Spiering. Entrenamiento de la fuerza. (Internet). 1 edición. España: Editorial Médica Panamericana, 2008. p. 29 - 31. Disponible en: <https://www.medicapanamericana.com/ar/libro/entrenamiento-de-la-fuerza>
[a](#)

13. Burke LM. Ketogenic low-CHO, high-fat diet: the future of elite endurance sport? *J Physiol* [Internet]. 2021;599(3):819–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1113/JP278928>
14. Evans M, Cogan KE, Egan B. Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation: Ketone bodies and exercise. *J Physiol* [Internet]. 2017;595(9):2857–71. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1113/jp273185>
15. Baar K, McGee S. Optimizing training adaptations by manipulating glycogen. *EJSS (Champaign)* [Internet]. 2008;8(2):97–106. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/17461390801919094>
16. Bergström J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* [Internet]. 1967;71(2):140–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1967.tb03720.x>
17. van Loon LJ, Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Saris WH, Wagenmakers AJ. The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *J Physiol* [Internet]. 2001;536(Pt 1):295–304. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00295.x>
18. Benoit FL, Martin, RL, Watten RH. Changes in body composition during weight reduction in obesity balance studies comparing effects of fasting and a ketogenic diet. *Ann Intern Med* 1965;63(4):604-12.

19. McSwiney FT, Wardrop B, Hyde PN, Lafountain RA, Volek JS, Doyle L. Keto-adaptation enhances exercise performance and body composition responses to training in endurance athletes. *Metabolism* [Internet]. 2018;81:25–34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2017.10.010>
20. Hyde PN, Lustberg MB, Miller VJ, LaFountain RA, Volek JS. Pleiotropic effects of nutritional ketosis: Conceptual framework for keto-adaptation as a breast cancer therapy. *Cancer Treat Res Commun* [Internet]. 2017;12:32–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctarc.2017.06.001>
21. Schugar RC, Crawford PA. Low-carbohydrate ketogenic diets, glucose homeostasis, and nonalcoholic fatty liver disease. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* [Internet]. 2012;15(4):374–80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/MCO.0b013e3283547157>
22. Laffel L. Cuerpos cetónicos: una revisión de la fisiología, la fisiopatología y la aplicación del control a la diabetes. *Diabetes Metab Res Rev*. 1999;15(6):412–26.
23. Anton SD, Moehl K, Donahoo WT, Marosi K, Lee SA, Mainous AG III, Leeuwenburgh C, Mattson MP. Activar el interruptor metabólico: comprender y aplicar los beneficios para la salud del ayuno. *Obesidad (Silver Spring)* 2018;26(2):254–68.

24. Robinson AM, Williamson DH. Physiological roles of ketone bodies as substrates and signals in mammalian tissues. *Physiol Rev.* 1980 Jan;60(1):143-87. doi: 10.1152/physrev.1980.60.1.143. PMID: 6986618.
25. Fery F, Bourdoux P, Christophe J, Balasse EO. Cambios hormonales y metabólicos inducidos por una dieta cetogénica isoproteica isocalórica en sujetos sanos. *Diabetes Metab* 1982;8(4):299–305.
26. Volek JS, Freidenreich DJ, Saenz C, Kunces LJ, Creighton BC, Bartley JM, Davitt PM, Muñoz CX, Anderson JM, Maresh CM, et al. Características metabólicas de corredores de ultra resistencia cetoadaptados. *Metabolismo* 2016;65(3):100–10.
27. Wilson JM, Lowery RP, Roberts MD, Sharp MH, Joy JM, Shields KA, et al. Los efectos de la dieta cetogénica en la composición corporal, la fuerza, la potencia y los perfiles hormonales en hombres que realizan entrenamiento de resistencia. *J Resistencia Cond Res.* 2020; 34(12):3463–74.
28. Martín-Moraleda E, Delisle C, Collado Mateo D, Aznar-Lain S. Weight loss and body composition changes through ketogenic diet and physical activity: a methodological and systematic review. *Nutr Hosp* [Internet]. 2019;36(5):1196–204. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02604>
29. L. Hagenfeldt & J. Wahren (1968) Human Forearm Muscle Metabolism during Exercise III Uptake, release and oxidation of β -hydroxybutyrate and observations on the β -hydroxybutyrate/acetoacetate ratio,

Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation, 21:4, 314-320, DOI: 10.3109/00365516809076999

30. Owen, O E., and G A. Reichard. "Human Forearm Metabolism During Progressive Starvation." *The Journal of Clinical Investigation*, vol. 50, no. 7, 1971, pp. 1536-45.
31. Wahren J, Sato Y, Ostman J, Hagenfeldt L, Felig P. Turnover and splanchnic metabolism of free fatty acids and ketones in insulin-dependent diabetics at rest and in response to exercise. *J Clin Invest*. 1984 May;73(5):1367-76. doi: 10.1172/JCI111340. PMID: 6715541; PMCID: PMC425159.
32. Elia M, Wood S, Khan K, Pullicino E. Ketone body metabolism in lean male adults during short-term starvation, with particular reference to forearm muscle metabolism. *Clin Sci (Lond)*. 1990 Jun;78(6):579-84. doi: 10.1042/cs0780579. PMID: 2165890.
33. McSwiney FT, Wardrop B, Hyde PN, Lafountain RA, Volek JS, Doyle L. La adaptación cetogénica mejora el rendimiento del ejercicio y las respuestas de composición corporal al entrenamiento en atletas de resistencia. *Metabolismo* 2018;81:25–34.
34. Abadía, Miguel & Sancho, Mari & Carrera-Juliá, Sandra & Moreno, Mari & Rieger, Eraci. (2019). Comparison of the effects on muscle mass and strength when applying a high carbohydrate diet and a ketogenic diet. 6702. 10.3390/mol2net-05-06702

35. Areta JL, Burke LM, Camera DM, West DW, Crawshay S, Moore DR, et al. La reducción de la síntesis de proteínas del músculo esquelético en reposo se salva con el ejercicio de fuerza y la ingesta de proteínas después de un déficit de energía a corto plazo. *Soy J Physiol Endocrinol Metab.* 2014;306(8):E989–97. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00590.2013>.
36. Héctor AJ, McGlory C, Damas F, Mazara N, Baker SK, Phillips SM. La restricción energética pronunciada con una ingesta elevada de proteínas no produce cambios en la proteólisis y reducciones en la síntesis de proteínas del músculo esquelético que se mitigan con el ejercicio de resistencia. *FASEB J.* 2018;32(1):265–75.
37. Gwin JA, Church DD, Hatch-McChesney A, Howard EE, Carrigan CT, Murphy NE, et al. Efectos de la ingesta alta versus estándar de aminoácidos esenciales en el recambio de proteínas de todo el cuerpo y la síntesis de proteínas musculares mixtas durante el déficit de energía: un estudio cruzado aleatorizado. *Clin Nutr.* 2021;40(3):767–77.
38. Dr. Cesar Rivera. Qué son las revisiones narrativas de la literatura científica [YouTube]. 2020. [Citado 2022 agosto 30] [7:43]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=J47vwWY1eXc&t=1s>
39. Borrueal Abadía, M.; Dieguez-Santana, K.; Carrera Juliá, S.; Navarro Moreno, M.; Drehmer Rieger, E. Comparison of the effects on muscle

mass and strength when applying a high carbohydrate diet and a ketogenic diet, in Proceedings of the MOL2NET'19, Conference on Molecular, Biomedical & Computational Sciences and Engineering, 5th ed., 20 March–20 December 2019, MDPI: Basel, Switzerland, doi:10.3390/mol2net-05-06702

40. Vargas, S., Romance, R., Petro, J.L. et al. Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* 15, 31 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0236-9>

41. Kysel P, Haluzíková D, Doležalová RP, Laňková I, Lacinová Z, Kasperová BJ, et al. The Influence of Cyclical Ketogenic Reduction Diet vs. Nutritionally Balanced Reduction Diet on Body Composition, Strength, and Endurance Performance in Healthy Young Males: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients* [Internet] 2020;12(9):2832. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12092832>

42. Paoli A, Cenci L, Pompei P, Sahin N, Bianco A, Neri M, et al. Effects of Two Months of Very Low Carbohydrate Ketogenic Diet on Body Composition, Muscle Strength, Muscle Area, and Blood Parameters in Competitive Natural Body Builders. *Nutrients* [Internet] 2021;13(2):374. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu13020374>

43. Vargas-Molina S, Petro JL, Romance R, Kreider RB, Schoenfeld BJ, Bonilla DA, Benítez-Porres J. Effects of a ketogenic diet on body composition and strength in trained women. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020 Apr 10;17(1):19. doi: 10.1186/s12970-020-00348-7. PMID: 32276630; PMCID: PMC7146906.
44. Antonio Paoli, Laura Mancin, Massimiliano Caprio, Elena Monti, Marco V. Narici, Lorenzo Cenci, Fabio Piccini, Matteo Pincella, Davide Grigoletto & Giuseppe Marcolin (2021) Effects of 30 days of ketogenic diet on body composition, muscle strength, muscle area, metabolism, and performance in semi-professional soccer players, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18:1, DOI: 10.1186/s12970-021-00459-9
45. Shaw DM, Merien F, Braakhuis A, Maunder E y Dulson DK (2019). Efecto de una dieta cetogénica sobre la capacidad de ejercicio submáximo y la eficiencia en corredores. *Ejercicio deportivo Med Sci* 51:2135–2146.
46. Aragon AA, Schoenfeld BJ, Wildman R, Kleiner S, Van Dusseldorp T, Taylor L, et al. Stand de la sociedad internacional de nutrición deportiva: dietas y composición corporal. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:16.
47. Héctor AJ, McGlory C, Damas F, Mazara N, Baker SK, Phillips SM. La restricción energética pronunciada con una ingesta elevada de proteínas no produce cambios en la proteólisis y reducciones en la síntesis de

proteínas del músculo esquelético que se mitigan con el ejercicio de resistencia. FASEB J. 2018;32(1):265–75.

48. Crowe TC. Safety of low-carbohydrate diets. *Obes Rev.* 2005 Aug;6(3):235-45. doi: 10.1111/j.1467-789X.2005.00196.x. PMID: 16045639.